

Savua ilman tulta?

**Puupolttoisen keramiikan
tunnelmaa sähköuunilla**

Ville Heimala

Materiaalitutkimus-kurssin tutkimusraportti

Keramiikka- ja lasitaiteen koulutusohjelma

Muotoilun laitos

Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu

Aalto-yliopisto

6.5.2015

TIIVISTELMÄ

Puu-uunissa polttaminen on perinteisimpiä keramiikan valmistusmuotoja. Sähköuunit ovat kuitenkin nykyään puu- tai kaasu-uuneja huomattavasti yleisempiä helppokäyttöisyytensä takia, ja Suomessa puupolttoiset keramiikkauunit ovat nykyään melko harvinaisia. Puu-uuneihin liitetään usein tietynlainen arvaamattomuus, ja niiden käyttäminen haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi vaatii kokemusta niin lasittamisessa, uunin ladonnassa kuin itse poltossakin. Tutkimukseni tarkoituksena oli löytää sähköuunissa toteutettavia vaihtoehtoja tyypillisesti puu-uunipoltossa aikaansaataville efekteille.

Lentotuhkasta muodostuvaa lasitetta simuloin ruiskuttamalla rautapitoista lasitetta viistosti koelaattojen päälle. ”Puu-uunitunnelman” luomisessa lasitteen ruiskutustekniikka on tärkeämpää kuin itse lasitteen ominaisuudet – erityisesti kerrosten sopiva ohuus sekä ruiskutuksen suunta ja paine. Liekkien massaansa muodostamia jälkiä matkin suihkuttamalla natriumkarbonaattiliuosta suihkupullolla suoraan pinnoille, jolloin sain aikaan ruosteenpuhertavia laikkuja. Myös massan rakenne, lähinnä suuri samottipitoisuus, on tärkeää oikeanlaisen pintarakenteen aikaansaamiseksi. Pelkistyspolttoa vaativien celadon-lasitteiden kaltaisia sävyjä voidaan saada sähköuunissa aikaiseksi lisäämällä kirkkaaseen lasitteeseen hyvin pieniä määriä kupari- ja rautaoksidia.

En pyrkinyt täydellisiin kopioihin puu-uuniefekteistä, vaan pikemminkin mielikuvaan puupolttoisesta keramiikasta. Uskoisin kuitenkin, että tutkimusteni pohjalta on mahdollista saada aikaan hyvinkin aidon näköisiä ”vale-puupolttoesineitä” – ainakin lentotuhkan ja lieskanjälkien osalta.

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	4
1.1 Tutkimuksen esittely	5
2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT	7
2.1 Massat ja koepalat	7
2.1.1 Massojen valmistus	7
2.1.2 Koepalojen valmistus	8
2.2 Koepalojen käsittely	9
2.2.1 Lasitteiden pohjat	9
2.2.2 Lentotuhkaefektit	10
2.2.3 Liekinjälkiefektit	11
2.2.4 Celadon-imitaatiot	12
2.2.5 Lasituspoltot	13
3 TULOKSET	14
3.1 Lentotuhkaefektit	14
3.2 Liekinjälkiefektit	15
3.3 Celadon-imitaatiot	17
3.4 Toinen ja kolmas koe-erä	17
4 JOHTOPÄÄTÖKSET	18
4.1 Lentotuhkaefektien arviointi	18
4.2 Liekinjälkiefektien arviointi	19
4.3 Celadon-imitaatioiden arviointi	19
4.4 Jatkotutkimukset	20
4.5 Yhteenveto	20
5 LÄHDELUETTELO	20

1 JOHDANTO

Puu-uunissa polttaminen on perinteisimpiä keramiikan valmistusmuotoja. Sähköuunit ovat kuitenkin nykyään puu- tai kaasuuuneja huomattavasti yleisempiä helppokäyttöisyytensä takia, ja Suomessa puupolttoiset keramiikkauunit ovat nykyään melko harvinaisia. Puu-uuneihin liitetään usein tietynlainen arvaamattomuus, ja niiden käyttäminen haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi vaatii kokemusta niin lasittamisessa, uunin ladonnassa kuin itse poltossakin (Troy 1995).

Puupolttouunissa (kuten kaasuuunisakin) voidaan saada aikaiseksi pekistys-

reaktioita lasitteissa ja massoissa. Hapen pääsyä uuniin rajoitetaan, jolloin muodostuu hyvin reaktiivista hiilimonoksidia eli häkää (CO). Hiilimonoksidi riistää tietyiltä värime-tallioksidoilta happoatomeita, jolloin punainen rautaoksidi (Fe_2O_3) muuttaa sävyään ruskehtavasta sinivihertävään ja kupariok-sidi (CuO) turkoosista punertavaan. (Jylhä-Vuorio 2003, 175–176). Tunnettuja pelkistysreaktioilla aikaansaattavia lasitteita ovat punaiset, kuparipitoiset häränveri-lasitteet (Britt 2007, 90–94) sekä rautapitoiset sinertävän, vihertävän tai harmahtavan sävyiset celadon-lasitteet (Britt 2007, 65–70).



Kuva 1. Esimerkkejä puu-uunissa poltetusta keramiikasta eräästä aikaisemmasta projektistani. Kahdessa keskimmaisessä hahmossa ainoastaan silmät, hiukset ja viikset sekä oikeanpuoleisen paita (harmahtava celadon-lasite) on lisätty ennen polttoa. Ihon tummat, kiiltävät alueet ovat muodostuneet lentotuhkasta. Oranssinsävyiset alueet ovat lieskanjälkiä, jotka näissä esineissä ovat levittäytyneet suhteellisen tasaisesti. Paidan celadon-lasitteessa näkyy hieman pelkistyspoltossa raudasta muodostuvaa sinertävää sävyä, joskin lentotuhka on tehnyt pinnasta pilkukkaan.

Voimakkaan punaisten lasitteiden aikaansaaminen sähköuunin hapekkaissa olosuhteissa on vaikeaa ilman erittäin myrkyllisiä seleeni- ja kadmiumyhdisteitä sekä lyijyoksidia (Jylhä-Vuorio 2003, 112, 170), joiden käyttöä kannattaa välttää.

Eräs keino tuottaa punaisia häränverilasitteita sähköuunissa on kemiallinen pelkistys piikarbidin (SiC) avulla (Turner 2012). Tällöin piikarbidin hiili reagoi kuparioksidin hapen kanssa, jolloin kupari pelkistyy muodostaen punertavia sävyjä (ks. kuva 12). Ongelmana tässä menetelmässä on muodostuvan hiilidioksidin kupliminen lasitteen pintaan. Jos piikarbidi on suhteellisen karkeaa, kuplat muodostavat suurehkoja kraatereita. Mikäli käytetään vähintään 800 meshin karkeuksista piikarbidia, kuplat jäävät lähes huomaamattoman pieniksi.

Celadon-lasitteita voisi mahdollisesti tehdä myös piikarbidin kemiallisen pelkistuksen avulla. Helpompi tapa tehdä celadon-lasitteiden tyyppisiä turkoosinvihertäviä sävyjä on kuitenkin kuparioksidin avulla hapekkaissa olosuhteissa.

Pelkistysreaktioiden lisäksi puupolttoisessa keramiikkauunissa voidaan saada lentotuhkalasitetta ja lieskanjälkiä, joita kaasuuunissakaan ei kyetä tuottamaan. Lentotuhkalasitteen ja lieskanjälkien muodostuminen on monimutkainen prosessi ja lopputulos riippuu mm. käytetyn polttomateriaalin kemiallisesta koostumuksesta (ks. luku 1.1), polttoajan pituudesta ja uunin ladonnasta. Puuta poltettaessa muodostuu tuhkaa, joka polttomateriaalista riippuen sisältää sisältää eri määriä orgaanisia ja epäorgaanisia yhdisteitä. Lasitteen muodostumisen kannalta tärkeimpiä näistä on kalsiumoksidi eli kalkki

(CaO), jota kertyy vähitellen polton aikana esineiden pinnoille ilmapirrassa lentävän tuhkan mukana. Kalsiumoksidi on voimakas sulate (Currie 2008a), joka saa massan pinnan lasittumaan vaakapinnoilta sekä erityisesti liekkien tulosuunnasta (kuva 1). Sekä tuhkassa että massassa olevat oksidit voivat reagoida keskenään ja tuottaa värejä muodostuvaan lasitteeseen, erityisesti pelkistävässä olosuhteissa.

Lieskanjäljet syntyvät edellä mainitun kaltaisella tavalla, kun massan rauta-, alumiini- ja/tai piioksidit reagoivat liekkien mukana kulkeutuvien alkalien kanssa, erityisesti kalium- ja natriumoksidin. Lieskanjäljet ovat hienovaraisempia ja hillitympiä puu-uunin loppuosassa lähellä piippua kuin voimakkaiden lieskojen vaikutuksen alaisena lähempänä tulipesää. Vastaavia jälkiä (engl. "flashing") voidaan saada aikaan myös esimerkiksi lisäämällä lasitteeseen natriumkarbonaattia eli soodaa (NaCH_3), joka on vesiliukoista ja imeytyy vähitellen savimassan läpi. Höyrystyessään yli 1200 °C lämpötiloissa se aiheuttaa reaktioita lasitteessa tai savimassoissa. (Troy 1995, 114–115.)

1.1 Tutkimuksen esittely

Syksyllä 2014 osallistuin koulun järjestämälle kurssille, jonka poltto tehtiin Leena Juvosen puupolttoisessa keramiikkauunissa. Olin erittäin tyytyväinen uunista tulleisiin reliefeihin (kuva 1), ja haluaisin tehdä suurempia teoksia, jossa olisi vastaavan tyyppiset efektit. Koska puupolttoisia keramiikkauuneja on lähialueilla vähän, eikä niitä työläyden takia polteta kovin usein, halusin selvittää, voidaanko em. kaltaisia efektejä

tuottaa sähköuunissa muilla keinoin. Tutkimuksessani halusin siis saada selville, onko mahdollista matkia:

1. lentotuhkalasitteen efektejä

2. lieskanjälkiä

3. celadon-lasitteiden sävyjä

Lentotuhkaefektejä halusin simuloida ruiskuttamalla lasitteita viistosta ja matkia siten ilmavirran ja liekkien mukana tuomaa tuhkaa. Valitsin lasitteiksi rautaoksidilla värjättyjä peruslasitteita (ks. luku 2.2), joiden sävyn arvioin omien kokemusteni perusteella ohuina kerroksina muistuttavan lentotuhkalasitteen sävyjä.

Halusin kokeilla yhtenä lasitteena aitoa tuhkaa nähdäkseni sen toiminnan sähköuunin neutraaleissa olosuhteissa. Puun tuhkapitoisuus vaihtelee suuresti riippuen lajista, kasvupaikasta ja puun osasta (oksat, runko, kaarna jne.). Esimerkiksi valkotammesta (*Quercus alba*) saatava tuhkamäärä vaihteli Pettersenin (1984) mukaan 0,2–1,0 %. Hyvin karkeasti yleistäen, nopeakasvuisista puista saadaan prosentuaalisesti vähemmän tuhkaa kuin hidaskasvuisista. Käytin omissa tutkimuksissani etupäässä metsäkuusesta (*Picea abies*) saatua tuhkaa. Metsäkuusen tuhkapitoisuus on n. 0,5 %, mikä lienee suunnilleen Suomessa poltopuuna käytettävien lajien keskiarvoluok-

kaa. Myös tuhkan eri aineiden pitoisuudet vaihtelevat runsaasti. Misran, Raglandin & Bakerin (1993) tutkimuksen mukaan 600 °C:ssa poltetun puutuhkan kalsiumpitoisuus vaihteli puulajista riippuen n. 21,2–36,6 %, ja kaliumpitoisuus 1,0–16,2 %. Kaarnassa oli keskimäärin vähemmän kaliumia kuin puuaineksessa. Natriumia oli lähes kaikissa puulajeissa alle 0,06 %. Valitettavasti en löytänyt tietoa metsäkuusen tuhkan alkuainepitoisuuksista, mutta Misran ym. (1993) tutkimus antaa viitteitä pitoisuudesta.

Lieskanjälkiä simuloidakseni päätin käyttää natriumkarbonaattia eli soodaa (NaCH_3). Se liukenee hyvin etenkin lämpimään veteen (Troy 1995, 114–115), ja vesiliuoksena sen levittäminen koelaattojen pinnalle olisi helppoa. Natrium muodostaa punertavia tai kellertäviä sävyjä reagoiessaan massan oksidien, etenkin rautaoksidin kanssa. Posliinimassat reagoivat usein varsin vähän puu-uunissa (Troy 1995, 116–117). Koska posliinimassoista halutaan usein mahdollisimman vakoisia, niiden rautapitoisuus pyritään pitämään vähäisenä. Posliinimassoista voi kuitenkin saada reaktiivisempia lisäämällä niihin punaista rautaoksidia (Fe_2O_3). Troy (1995, 85–88) mainitsee, että 0,5–2,0 % lisäys voi riittää nostamaan massan reaktiivisuutta, mutta sitä voi laittaa jopa 8 %. Hapekkaissa olosuhteissa massasta pitäisi tulla raudan punertavaa, pelkistävis-

Taulukko 1. Koelaatoissa käytetyn valumassan kaava.

kaoliini (Standard Porcelain)	48
kvartsi	26
kalimaasälpä FFF K7	26
yhteensä	100
Dispex (deflokkulantti)	0,2
vesi	40
punainen rautaoksidi (Fe_2O_3)	0 / 0,5 / 4



Kuva 2. Raakapoltetut koepalat: (1) käsittelemätön valumassa, (2) 0,5 % lisäys ja (3) 4 % lisäys punaista rautaoksidia (Fe_2O_3) suhteessa kuiva-aineen määrään, sekä (4) kaupallinen puupolttomassa (Craft Crank 153–1114).

sä olosuhteissa harmahtavaa. Koska muutkin kuin rautaoksidi, mm. piioksidi (SiO), voivat reagoida natriumin kanssa, halusin kokeilla sen vaikutusta myös ”puhtaaseen” valumassaan. Lisäksi pyrin saamaan reaktioita rautaoksidin suositellulla 0,5 % minimilisäyksellä sekä voimakkaan sävyn itse massaan 4,0 % rautaoksidin lisäyksellä. Käytin yhtenä massana myös samaa kaupallista samottipitoista puupolttomassaa, jota olin käyttänyt jo aiemmin käyttänyt puu-uunissa polttamissani töissä.

Celadon-lasitteita muistuttavien sävyjen etsimisessä sovelsin Ian Currien (2008b) kehittämää grid-menetelmää. Menetelmässä lasitteen eri ainesosien määrää muutellaan ja niistä kootaan ruudukko, jossa tutkittavien aineiden suhdeluvut muuttuvat vasemmalta oikealle ja ylhäältä alas. Tässä tapauksessa siis vaihtelin punaisen rautaoksidin (Fe_2O_3) ja kuparioksidin (CuO) pitoisuutta lasitteessa.

2 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

2.1 Massat ja koepalat

2.1.1 Massojen valmistus

Koska rautaoksidi toimii usein reagoivana aineena puu-uunille tarkoitetuissa massoissa, lietteissä ja lasitteissa, valmistin kokeita varten erilaisia massoja (kuva 2). Käytin pohjana Aalto ARTS:n keramiikkastudion

posliinivalumassaa (taulukko 1). Valmistin erän valkoisia koepaloja, jossa käytin valumassaa sellaisenaan. Lisäksi valmistin kaksi erää koepaloja, jossa toisessa valumassaan oli lisätty 0,5 % ja toisessa 4 % punaista rautaoksidia (Fe_2O_3). Halusin saada aikaan reaktion sekä mahdollisimman pienellä rautapitoisuudella, jolloin massas-

sa ei näkyisi voimakasta värjäytymistä, että toisaalta suhteellisen voimakkaan massan värjäytymisen suuremman rautapitoisuuden myötä. Tein koepalat myös Potclaysin puupolttomassasta (Craft Crank 153–1114, polttolämpötila 1170–1300 °C).

Lisäsin rautaoksidin valmiiksi tehtyyn valumassaan. Valmiin valumassan vesipitoisuus vaihtelee jonkin verran sen mukaan, miten paljon siinä on Dispex®-deflokkulanttia, kuinka paljon vettä on pääsyt haihtumaan, ja miten paljon sitä on lisätty juuri haihtumisen takia. Jotta massan rautapitoisuuden voisi tarkkaan määritellä, pitäisi käyttää kuiva-ainetta, jonka mukaan rautaoksidin määrä suhteutetaan. Tämä on kuitenkin kierrettävissä seuraavassa kappaleessa kuvailemallani menetelmällä, joskin massan halutusta rautapitoisuudesta ei tule tällöin aivan tarkka.

Valumassan kuiva-aineisiin on alun perin lisätty 40 % vettä (esim. 40 g vettä 100 g:aan kuiva-ainetta). Näin ollen voimme olettaa, että massasta on noin 28,6 % vettä ja 71,4 % kuiva-ainetta. Kun massan oletettu kuiva-ainepitoisuus on tiedossa, halutun rautaoksidimäärän lisääminen voidaan laskea sen mukaisesti. Jos valumassasta mitataan litrapaino (tässä tapauksessa 1768 g/l), massan vesipitoisuus voidaan aina säätää samaksi kuin mittaushetkellä, vaikka tarkkaa vesipitoisuutta ei tiedetäkään. Mitä vähemmän massassa on vettä sitä suurempi litrapaino sillä on. Näin ollen veden määrää säätelemällä massan litrapaino voidaan saada halutuksi. Näin valumassaan voidaan lisätä rautaoksidia aina sama määrä.

Valumassaan, jossa oli 4 % rautaoksidia, oli lisättävä vettä, sillä rautaoksidi kiinteytti massan valukelvottomaksi. Näin ollen

kyseinen valumassa sisälsi 46 % vettä 100 %:a kuiva-ainetta kohden tavanomaisen 40 % sijaan.

2.1.2 Koepalojen valmistus

Tutkimukseni pääajatuksena oli löytää puu-uunin efektejä muistuttavia pintoja sähkö-uunin hapekkaissa tai neutraaleissa olosuhteissa ilman puu-uunille tyypillistä lentotuhkaa ja liekkejä. Aikomukseni on käyttää näitä efektejä tulevissa reliefiprojekteissani, joten mielestäni oli tarkoituksenmukaista tehdä koepalat reliefien muotoon. Lisäksi samalla muotilla ja eri massoilla valmistetuista koepaloista näkee eri massojen kutistumisen suhteessa toisiinsa.

Koelaatan mallineen valmistin harmaasta Roma Plastilina® -massasta. Mallineen avulla valmistin kolme samanlaista kipsimuottia, joita käytin massasta riippuen joko valu- tai prässimuotteina. Kontaminaation välttämiseksi valoin ensin kaikki puhtaat posliinikoepalat ja sen jälkeen 0,5 % -rautapitoiset koepalat. Sitten valitsin yhden muotin puu-uunimassan prässimuotiksi (koska arvelin samotin naarmuttavan muottia). Lopuksi käytin kuitenkin tätä prässimuottia ja toista valumuottia valaessani 4 % rautapitoiset koepalat, ja jätin yhden muotin myöhempiä ”puhtaita” valuja varten.

Valaessa annoin valumassan imeytyä 6–8 min (riippuen muotin kosteudesta), jonka jälkeen imin lopun massan pois pumpeilla välttyäkseni reunojen siistimiseltä. Irroitin valetut koelaatat 15–25 minuutin päästä valusta. Prässäyksessä käytin apuna hius-tenkuivaajaa, ja irroitin koelaatat, kun reunat alkoivat irrota muotista. Sekä valettujen että prässättyjen kappaleiden irroittamiseen

käytin apuna paineilmapistoolia. Valuissa seinämän paksuudeksi tuli noin 4–5 mm ja prässäämällä tehdyissä noin 5–10 mm.

Grid-menetelmää varten valoin umpi-
valu-kipsimuotin avulla noin 7 mm paksui-
sen laatan, josta leikkasin nahkakuivana
kaksi 170 mm x 170 mm -kokoista koelaat-
taa. Celadon-tyyppisen, vihertävän turkoo-
sin sävyn korostamiseksi käytin valkoista
posliinivalumassaa. Uursin laattojen pin-
taan kevyesti 5 x 5 -jakoisen ruudukon niin,
että kustakin ruudusta tuli mitoiltaan noin 30
mm x 30 mm. Laattojen reunoihin jäi kaut-
taaltaan noin 10 mm levyinen kehys. Lisäksi
aioin käyttää tuloksena saaduista lasitteista
mielestäni parhaita muutaman reliefimuotil-
la tehdyn valkoisen koepalan lasittamiseen.
Vahasin grid-ruudukon reunat vettä hylkiväl-
lä vahalla, mikä helpotti lasitteiden levitystä
ja reunojen siistimistä

Kaikkien koelaattojen raakapolton tein
950 °C:ssa (kuva 2).

2.2 Koepalojen käsittely

2.2.1 Lasitteiden pohjat

Kirkkaiden lasitteiden pohjaksi valitsin
Leach-lasitteen (Britt 2007, 61), jota olen

pääsääntöisesti käyttänyt pohjana lasiteko-
keiluissani värimetallioksidien ja opalisoijien
kanssa. Käytin tätä lasitetta sekä osassa
lentotuhkaa simuloivia lasitteita että cела-
don-sävyisten lasitteiden pohjana. Leach-
lasite on väriltään neutraali, levittyy tasai-
sesti, sekoittuu sekä valmistusvaiheessa
että valmiina lasitteena helposti. Pidän sitä
parempana kuin Aalto ARTSin keramiikka-
studiolla yleisesti käytettyä KXX5-lasitetta,
joka (ilman apuaineiden lisäystä) laskeutuu
jonkin aikaa seistytään astian pohjalle ko-
vaksi kerrokseksi, saattaa aiheuttaa pientä
kuplaa lasitekerrokseen ja antaa sähköuu-
nissa usein hieman kellertävän sävyn poslii-
nin pinnalle. Lisäksi Leach-lasitteen resepti
on varsin yksinkertainen (taulukko 2). Se
vaatii kuitenkin lyhyen haudutuksen huippu-
lämpötilassa (max. 1300 °C), tai se saattaa
jäädä paikoin silkinhimmeäköksi.

Toiseksi lentotuhkaefekti-lasitteiden
pohjaksi valitsin keramiikkastudiolla käy-
tetyt mattapintaisen HM1-lasitteen. Näin
opiskelutoverillani studiolla koelaatan, jossa
HM1-lasitteeseen oli lisätty punaista rauta-
oksidia (Fe_2O_3) sekä kobolttioksidia (CoO).
Kobolttioksidin vaikutus näkyi mustana laa-
tan reunoilla ja keskellä oli mattaa rautaok-

Taulukko 2. Kokeissa käytettyjen lasitteiden kaavat.

	Leach + 4 Fe_2O_3	Leach + 8 Fe_2O_3	HM1 + 8 Fe_2O_3	tuhkalasite
kalimaasälpä FFF K7	40	40	28	
kvartsi	30	30	10	
liitu	20	20		
kaoliini (Super Standard Porcelain)	10	10	11	
talkki			21	
wollastoniitti			30	
tuhka (lähinnä kuusesta)				100
yhteensä	100	100	100	100
punainen rautaoksidi (Fe_2O_3)	4	8	8	
vesi	100	100	100	200

sidin aiheuttamaa ruskeaa. Mattaruskean sävy näytti sopivalta, joten valitsin sekä mattalasitteen että pitoisuuden (8 %) sen mukaan.

Kaikkiin lasitteisiin värimetallioksidit on lisätty 100 %:iin kuiva-ainetta.

2.2.2 Lentotuhkaefektit

Simuloin lentotuhkaefektejä sähköuunipolttoon soveltuvien lasitteiden avulla (taulukko 2). Tein kahta eri Leach-lasitetta, joista toiseen lisäsin 4 % punaista rautaoksidia (Fe_2O_3) ja toiseen 8 % suhteessa kuiva-aineen määrään. Lisäksi tein HM1-lasitetta, johon lisäsin 8 % punaista rautaoksidia. Kokemukseni mukaan nämä pitoisuudet tuottavat suhteellisen tummia sävyjä ohuina kerroksina. Neljäntenä lasitteena käytin pääsääntöisesti kuusesta peräisin olevaa puuntuhkaa (saunan kiukaan pesästä), jonka siivilöin ensin karkealla taloussiivilällä saadakseni suuremmat hiilenkappaleet pois. Seuraavaksi punnitsin 100 g tätä siivilöityä tuhkaa, ja lisäsin siihen 200 g vettä, jolloin

sain lietteeseen löysähköä piimää muistuttavan, perus-lasitemaisen paksuuden. Koska lasitteen levitys tapahtui ruiskuttamalla, siivilöin tuhkalasitteen vielä kahteen kertaan suhteellisen hienojakoisella lasitesiivilällä (siivilässä ei ollut mainittu karkeutta), jolloin melko runsaasti karkeampaa materiaalia siivilöityi pois.

Ruiskutin kustakin neljästä lasiteesta neljä eri koelaattaa, yksi jokaisesta neljästä massasta. Lasittaessa laitoin kutakin massaa olevat koelaatat riviin, jotta jokaiseen olisi helppo saada suunnilleen yhtä paljon lasitetta. Vaaleiden koepalojen perusteella oli helppoa arvioida myös tummempien koepalojen saama lasitemäärä (kuva 3). Ruiskutin lasitteet viistosti, lähes pinnanmyötäisesti ja hyvin ohuelti 5 baarin paineella. Koska tuhkalasite oli suhteellisen laimeaa, ruiskutin sitä myös hieman paksumman kerroksen ko. laattojen alaosiin. Ennen lasituspolttua pyyhin vielä koelaattojen alareunat puhtaaksi lasitteesta, jotta ne eivät sulaisi kiinni uunilevyihin. Poltto tapahtui yhdessä muiden koepalojen kanssa (ks. kohta 2.2.5).



Kuva 3. Lentotuhkalasitteen simuloiminen ruiskuttamalla kevyt kerros voimakkaasti yläviistosta neljästä eri massasta tehdyille raakapoltetuille koelaatoille (kuvassa tuhkalasite).



Kuva 4. Raakapoltettujen koelaattojen käsittely natriumkarbonaatti-vesiliuoksella; yläosan ulkopinta on sivelty korvan yläpuolelta yhteen ja ylempää kahteen kertaan (näkyvät erityisesti paloissa 2 & 4). Alaosa on sivelty sisäpuolelta, ja osa ulkopinnasta on peitetty teipillä imeytymisen tutkimiseksi. Vastaavat käsittelyt tehtiin kullekin massalle sekä 10 % että 20 % liuoksella: **(1)** käsittelemättömän valumassa, **(2)** 0,5 % lisäys ja **(3)** 4 % lisäys punaista rautaoksidia (Fe_2O_3) suhteessa kuiva-aineen määrään, sekä **(4)** kaupallinen puupolttomassa (Craft Crank 153–1114).

Toiseen ja kolmanteen koe-erään tein sekoituksia aiempien tulosten perusteella. Toisessa koe-erässä käytin ruiskutuksessa 1,5 baarin ja kolmannessa 3,0 baarin painetta. Käytin näissä sekoituksissa myös natriumkarbonaattikokeiluista saamiani tuloksia (ks. seuraava).

2.2.3 Liekinjälkiefektit

Liekinjälkiä simuloidakseni tein kahta erivahvuista natriumkarbonaatti- eli soodaliuosta (NaCH_3). Toiseen liuokseen lisäsin 10 g ja toiseen 20 g natriumkarbonaattia 100 grammaan maksimi-putkistolämpöistä vettä (n. 60 °C). Sekoitin voimakkaasti, kunnes natriumkarbonaatti oli liennut täysin lämpimään veteen. Käsittelin kummallakin liuoksella erikseen neljä koepalaa, yhden kustakin massasta. Imeytin siveltimen avulla jokaisen koepalan yläosan ulkopintaan ensin pienemmän määrän ja sitten pienemmälle

alueelle hieman enemmän liuosta. Koepalan alaosan alapinnalle imeytin suhteellisen suuren määrän liuosta (sen verran kuin siihen helposti imeytyi). Puolet alaosasta peitin läpäisemättömällä, hieman joustavalla muoviteipillä (kuva 4), jotta voisin seurata, miten peitetty pinta vaikuttaa natriumkarbonaatin imeytymiseen. Vesiliukoinen natrium kulkeutuu massan läpi veden haihtumissuuntaan. Tällöin teipillä peitetyn alueen pitäisi estää haihtumista ja peittämättömän alueen pintaan ilmestyä enemmän karbonaatin aiheuttamaa efektiä kuin suojattuun pintaan.

Laitoin koepalat kuivumaan kuivauskaappiin n. 40 °C lämpötilaan 8 tunnin ajaksi (joskin ne oli siirretty jossakin vaiheessa toiseen kuivauskaappiin, joka ei ollut päällä). Poltto tapahtui yhdessä muiden koepalojen kanssa (ks. kohta 2.2.5).

Toiseen ja kolmanteen koe-erään käytin 20 % natriumkarbonaattiliuosta sumutus-

pullolla ruiskuttaen saadakseni aikaiseksi pehmeitä rajoja. Päälle ruiskutin em. lentotuhkaefektejä simuloivia lasitteita (taulukko 2).

2.2.4 Celadon-imitaatiot

Pyrin hakemaan celadonia muistuttavaa sävyä murtamalla kuparioksidin (CuO) turkooisia väriä vihertävään suuntaan punaisen rautaoksidin (Fe_2O_3) avulla. Aikaisempien kokeitteni perusteella olen huomannut, että 1 % kuparioksidipitoisuus antaa jo varsin voimakkaan sävyn, ja että yhdessä 2 % rautaoksidilisäyksen kanssa sävy muuttuu oliivin ruskehtavaksi. Valitsin kuparioksidin maksimimääräksi 1,2 % ja rautaoksidin 2,0

%. Grid-sarjaa varten valmistin kolme lasiteseosta: kuparipitoisen, rautapitoisen sekä kirkkaan Leach-lasitteeseen.

Koska sarjan loppupään lasitteessa on 1,2 % kuparioksidia ja 2,0 % rautaoksidia, oli kätevintä määritellä peruslasitteiden pitoisuudet niin, että voimakkaimman värisessä lasitteessa on puolet rautaoksidi-peruslasitetta ja puolet kuparioksidilasitetta. Näin ollen kuparioksidipitoisuuden peruslasitteeseen oli 2,4 % ja rautaoksidipitoisuuden peruslasitteeseen 4,0 %. Kuhunkin lasiteseokseen lisättiin 100 % vettä, jotta valmiiden lasitteiden kuiva-ainepitoisuudet vastaisivat toisiaan. Näistä lasitteista ja kirkkaasta Leach-lasitteesta oli helppo mitata gridin lasitteet punnitsemalla

CuO					
1,2 %	Cu = 100 Fe = 0 X = 100	Cu = 100 Fe = 25 X = 75	Cu = 100 Fe = 50 X = 50	Cu = 100 Fe = 75 X = 25	Cu = 100 Fe = 100 X = 0
0,9 %	Cu = 75 Fe = 0 X = 125	Cu = 75 Fe = 25 X = 100	Cu = 75 Fe = 50 X = 75	Cu = 75 Fe = 75 X = 50	Cu = 75 Fe = 100 X = 25
0,6 %	Cu = 50 Fe = 0 X = 150	Cu = 50 Fe = 25 X = 125	Cu = 50 Fe = 50 X = 100	Cu = 50 Fe = 75 X = 75	Cu = 50 Fe = 100 X = 50
0,3 %	Cu = 25 Fe = 0 X = 175	Cu = 25 Fe = 25 X = 150	Cu = 25 Fe = 50 X = 125	Cu = 25 Fe = 75 X = 100	Cu = 25 Fe = 100 X = 75
0,0 %	Cu = 0 Fe = 0 X = 200	Cu = 0 Fe = 25 X = 175	Cu = 0 Fe = 50 X = 150	Cu = 0 Fe = 75 X = 125	Cu = 0 Fe = 100 X = 100
Fe_2O_3	0,0 %	0,5 %	1,0 %	1,5 %	2,0 %



Kuva 5. (A) Grid-lasitteiden sekoitusruudukko. Ruuduissa käytetyt lyhenteet (valmiin peruslasitteen määrä grammoissa): **Cu** = Leach-lasite, jossa on 2,4 % kuparioksidia (CuO), **Fe** = Leach-lasite, jossa on 4,0 % punaista rautaoksidia (Fe_2O_3), **X** = pelkkä Leach-lasite. Lasitteisiin oli lisätty 100 % vettä kuiva-aineita kohden. Vasemmassa laidassa näkyy kuparioksidin ja alla rautaoksidin määrä kunkin ruudun lopullisessa lasitteessa. **(B)** Valmiiksi sekoitetut lasitteet sekä kaksi niillä lasitettua grid-koelaattaa ennen lasitusprottia.

(ks. kuva 5). Valmistin kutakin gridin lasitseosta 200 g, mikä vastaa usein käytettyä noin 100 gramman kuiva-ainekoe-erää, johon on lisätty 100 g vettä. Levitin kutakin lasitetta siveltimellä omaan ruutuunsa ohuen kerroksen ensin koko ruudun alalta, ja sitten toisen kerroksen vain osaan ruutua. Poltto tapahtui yhdessä muiden koepalojen kanssa (ks. kohta 2.2.5).

Toiseen koe-erään valitsin välivärin kahdesta sopivimmasta lasitteesta ja tein siitä tavallisen koelaatan sekoittamalla puo-

let kummankin sävyistä lasitetta. Lopuksi lasitin yhden reliefi-koelaatan tällä välivärillä.

2.2.5 Lasituspoltot

Koska tarkoituksena oli käyttää useita eri lasitteita päällekkäin, poltin kaikki koelaatat samassa lämpötilassa. Valitsin polttolämpötilaksi 1240 °C, mikä sopi sekä useiden korkeapolttoisten lasitteiden että 6-keilan lasitteiden polttolämpötilaväliin. Ohjelmoin uuniin nousun ensin 100 °C/h 600 °C:een, ja



Kuva 6. Natriumkarbonaatti-vesiliuoksella (ylärivissä 20 %, alarivissä 10 %) käsitellyt koelaatat. Ainoastaan yläpinnalle tehty käsittelyt ovat näkyvissä reaktiivisimmissa massoissa: (1) käsittelemätön valumassa, (2) 0,5 % lisäys ja (3) 4 % lisäys punaista rautaoksidia (Fe_2O_3) suhteessa kuiva-aineen määrään, sekä (4) kaupallinen puupolttomassa (Craft Crank 153–1114). Huomaa puupolttomassan samottipitoisuudesta johtuva pienempi kutistuma posliinimassaan nähden.

sitten 150 °C/h 1240 °C:een, ja 20 minuutin haudutuksen huippulämpötilassa lämmön tasaamiseksi. Kolmannessa poltossa, joka suoritettiin yhdessä muiden henkilöiden

kanssa, oli muuten samat asetukset, mutta lämpötilan nousunopeus oli 600 °C jälkeen "FULL", ja huippulämpötilassa oli 2 tunnin haudutus.

3 TULOKSET

Massojen sävyt näkyvät hyvin kuvassa 6 koelaattojen alaosissa. Perus-valumassasta tuli valkoista, 0,5 % rautaoksidilisäyksellä vaalean harmahtavaa ja 4 % lisäyksellä suklaanruskeaa. Puupolttomassasta tuli valmistajan kuvauksen mukaisesti vaalean harmahtavan kellertävää.

3.1 Lentotuhkaefektit

Lentotuhkaefektit näkyvät kuvissa 7 ja 8. Leach-lasitteella ruiskutetuissa koelaatoissa ruiskutussuunta näkyy hyvin ja väristä tuli voimakkaampi enemmän rautaa sisältävällä lasitteella (kuva 7). Sävy kuitenkin hukkuu 4



Kuva 7. Leach-lasitteella ruiskutetut koelaatat; ylärivissä lasitteeseen on lisätty 4 % ja alarivissä 8 % punaista rautaoksidia (Fe_2O_3). Koelaattojen massat: (1) käsittelemätön valumassa, (2) 0,5 % lisäys ja (3) 4 % lisäys punaista rautaoksidia (Fe_2O_3) suhteessa kuiva-aineen määrään, sekä (4) kaupallinen puupolttomassa (Craft Crank 153–1114).



Kuva 8. Ylärivin koelaatat on ruiskutettu HM1-lasitteella, johon on lisätty 8 % punaista rautaoksidia (Fe_2O_3). Alarivin laatat on ruiskutettu tuhkasta valmistetulla lasiteliuksella. Koelaattojen massat: **(1)** käsittelemätön valumassa, **(2)** 0,5 % lisäys ja **(3)** 4 % lisäys punaista rautaoksidia (Fe_2O_3) suhteessa kuiva-aineen määrään, sekä **(4)** kaupallinen puupolttomassa (Craft Crank 153–1114).

% rautapitoisesta massasta valmistetuissa laatoissa massan tumman värin takia ja näkyi lähinnä kiiltona. 8 % rautaoksidia sisältävällä HM1-lasitteella reiskutettujen koelaattojen efektit ovat samankaltaisia kuin vastaavissa Leach-laatoissa, joskin hieman kellertävämpiä ja muistuttavat enemmän 4 % kuin 8 % rautaa sisältävää lasitetta (kuva 8). HM1-lasite on myös sulanut täysin kiiltäväksi.

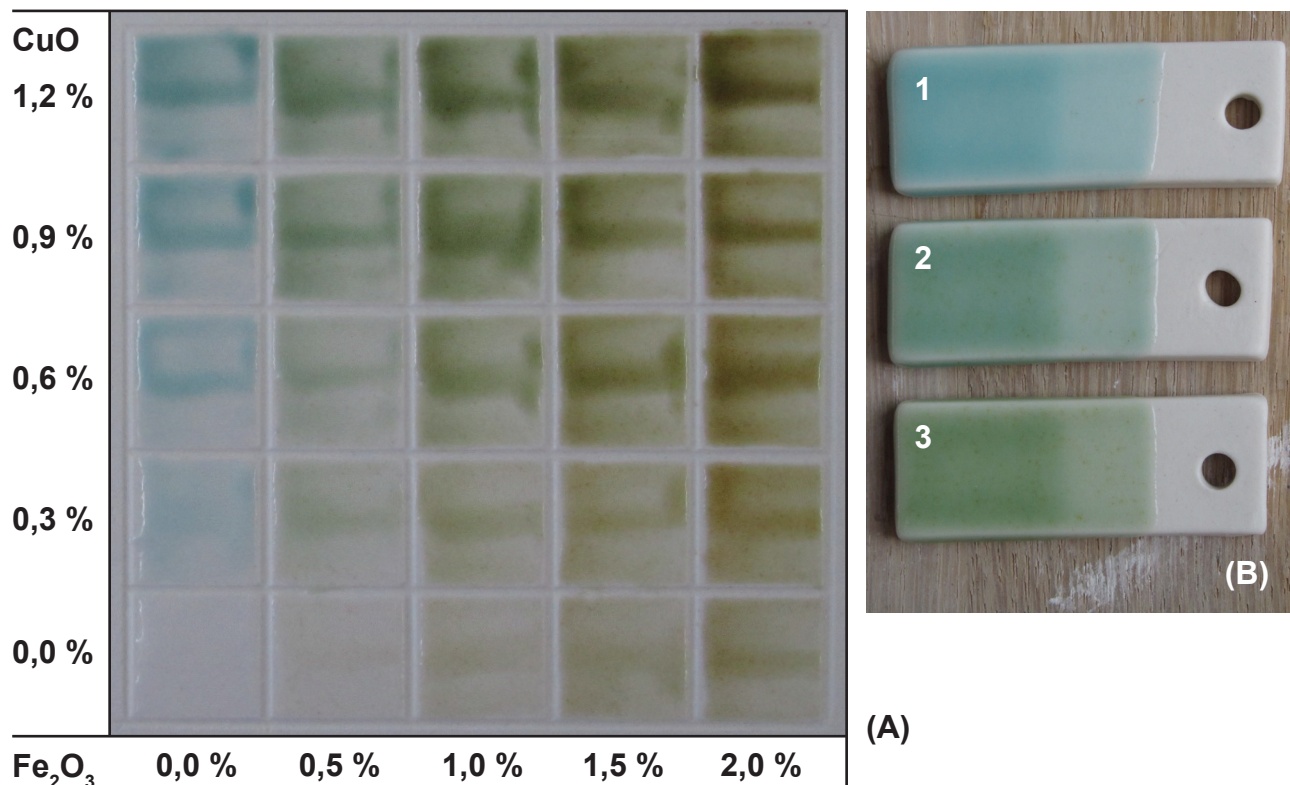
Tuhkalasitteella ruiskutetuissa koelaatoissa efektit ovat hienovaraisempia ja pehmeärajaisempia kuin muissa laatoissa (kuva 8). Vaaleimmissa laatoissa tuhka näkyy tus-

kin havaittavina pilkkuina. Rautapitoisimmassa valusavilaatassa tuhka näkyy massaan verrattuna vaaleahkona mattapintana, ja puu-uunimassasta tehdyssä koelaatassa tummana ja paksumpina kerroksina vaaleana mattapintana.

Parhaiten mielikuvaa puupolttouunissa valmistetusta esineestä vastasivat karkealle puupolttomassalle tehdyt efektit.

3.2 Liekinjälkiefektit

Liekinjälkiefektit näkyvät kuvassa 6. Efektejä näkyy alueilla, joilla natriumkorbonaattiliu-



Kuva 9. Celadon-sävyn tavoittelu kupari- ja rautaoksidilla värjättyillä Leach-lasitteilla. **(A)** grid-menetelmällä tehty koelaatta, jossa kuparioksidin (CuO) määrä lasitteessa lisääntyy alhaalta ylös ja punaisen rautaoksidin (Fe₂O₃) määrä vasemmalta oikealle. **(B)** Grid-menetelmällä saatujen tulosten perusteella tehtyt kolme koelaattaa, joissa kaikissa on 0,6 % kuparioksidia, sekä punaista rautaoksidia **(1)** 0 %, **(2)** 0,25 % ja **(3)** 0,5 %.



Kuva 10. Toisessa poltossa aikaansaadut koelaatat. Kahdessa etummaisessa massana on valumassa, johon on lisätty 4 % punaista rautaoksidia (Fe₂O₃) ja kahdessa jälkimmäisessä kaupallinen puupolttomassa (Craft Crank 153–1114). Kolmeen viimeiseen on sumutettu ensin 20 % natriumkarbonaatti-vesiliuosta. Koelaattojen päälle on ruiskutettu lasitteita seuraavasti: **(1)** runsaasti tuhkalasitetta, **(2)** runsaasti 8 % rautaoksidipitoista HN1- ja Leach-lasitetta, **(3)** alla tuhkalasitetta, päällä 8 % rautaoksidipitoista Leach-lasitetta, **(4)** runsaasti tuhkalasitetta. Lisäksi silmät on maalattu mangaanioksidi-rautaoksidi-pesulla (50 % MnO & 50 % Fe₂O₃).

os on levitetty ulkopintaan, kun taas sisäpintaan levitetty liuos ei ole vaeltanut massan läpi ulkopintaan lainkaan. 4 % rautaoksidia sisältänyt valumassa sekä puupolttomassa ovat reagoineet voimakkaasti natriumkarbonaattiliuoksen kanssa aiheuttaen punertavaa sävyä sekä kiiltoa (eli massan sulamista).

20 % liuoksen aiheuttama reaktio on hieman tummempi ja kiiltävämpi (sulaneempi) kuin 10 % liuoksen. Kahdella vaaleammalla valumassalla natriumkarbonaatin vaikutus näkyy lähinnä vähäisenä kiiltona.

3.3 Celadon-imitaatiot

Grid-testin tulokset näkyvät kuvassa 9 A. Väri vaihtelee täysin kirkkaasta (0 % värime tallioksideja) vaalean sinertävän turkoosiin (1,2 % CuO) ja kellertävän oliivinvihreään

(1,2 % CuO & 2,0 Fe₂O₃). Rautaoksidi dominoi värillään hyvin voimakkaasti ja suurimissa rautaoksidipitoisuuksissa kuparioksidi näyttäisi toimivan lähinnä tummentavana elementtinä. Lisäksi rautaoksidin mukana on tullut pieniä pilkkuja. Pelkkä kuparioksidi itsessään 0,6 % pitoisuutena muistuttaa celadonin sävyä, ja jo 0,5 % rautaoksidilisäys muutti sävyn mielestäni liian vihertäväksi. Kahden edellä mainitun sävyn välisävy (0,6 % CuO & 0,25 % Fe₂O₃) muistuttaa jo melko paljon mielikuvaani celadonin sävystä (kuva 9 B). Tällä välisävyllä lasitettu reliefilaatta näkyy kuvassa 11.

3.4 Toinen ja kolmas koe-erä

Toisen koe-erän tulokset näkyvät kuvassa 10. Olin yhdistellyt vaihtelevasti natriumkarbonaatin ja lasitteiden ruiskutuksen tuomia



Kuva 11. Kolmannessa poltossa aikaansaadut koelaatat. Kahdessa etummaisessa on käytetty kaupallista puupolttomassaa (Craft Crank 153–1114). Niille on sumutettu ensin 20 % natriumkarbonaatti-vesiliuosta; ensimmäiseen (1) runsaasti kauttaaltaan ja toiseen (2) vain yläosaan, minkä jälkeen kummankin päälle on ruiskutettu hyvin ohut kerros 8 % rautaoksidipitoista HN1-lasitetta. Lisäksi silmät on maalattu mangaanioksidi-rautaoksidi-pesulla (50 % MnO & 50 % Fe₂O₃). Viimeinen laatta (3) on tavallista valumassaa, joka on lasitettu 0,6 % kuparioksidia ja 0,25 % punaista rautaoksidia sisältävällä Leach-lasitteella.

efektejä edellisestä kokeesta. 4 % rautaoksidipitoisesta valumassasta valmistetun koelaatan päällä oleva tuhkalasite on kuroutunut pisaroiksi paksuimmin ruiskutetuissa kohdissa, tyypillisesti tuhkalasitteen tapaan. Laatta on myös käyristynyt ilmeisesti lasitteen voimakkaan laajenemisen takia. Muissa koelaatoissa lasite on levinnyt niin tasai-

sesti ja paksult, että natriumkäsittely tuskin näkyy niiden alta, pois lukien muutamat punaisena hohtavat kohdat toisessa valumasalaatassa.

Kolmannen koe-erän tulokset on esitelty kuvassa 11. Tällä kertaa natriumkäsittelyt näkyvät hyvin, mutta varsinaista lasitetta tuskin huomaa.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tarkoituksenani ei ollut hakea täydellisiä kopioita puu-uunilla ja reduktiolla aikaan saatavista lasitteista, vaan pikemminkin mielikuvaa niistä. Uskoisin kuitenkin, että tutkimusteni pohjalta olisi mahdollista saada aikaan hyvinkin autenttisen näköisiä valepuupolttoesineitä – ainakin lentotuhkan ja lieskanjälkien osalta.

4.1 Lentotuhkaefektien arviointi

Lentotuhkalasitetta matkivat efektit onnistuivat ensimmäisellä kerralla mielestäni erittäin hyvin. Vaaleiden posliinimassojen sävy ei kuitenkaan sopinut yhteen tumman lasitteen kanssa ja lopputulos muistutti väriltään lähinnä kanelilla maustettua riisipuuroa. Tummin valumassa oli sinänsä kiinnostavan näköinen – etenkin voimakkaan punaisen natriumkarbonaatti-reaktion kanssa – muttei varsinaisesti näyttänyt puu-uunissa poltulta. Puupolttomassan karkean samottinen ulkomuoto sopi erittäin hyvin lentotuhkaa ja liekinjälkiä matkivaan menetelmään.

Olisi kiinnostavaa kokeilla valumassaa, jonka rautaoksidipitoisuus olisi 2 %

luokkaa; millainen sen värisävy olisi ja miten natriumkarbonaatti vaikuttaisi siihen. Toisaalta massan voisi myös sävyttää esimerkiksi pigmenteillä sopivan sävyiseksi.

HM1-lasite muuttui yllättävän kiiltäväksi poltossa. Osaltaan rautaoksidin sulattavalla vaikutuksella on saattanut olla osuutta asiaan, mutta luulen kuitenkin, että HM1-lasite saattaisi vaatia matalampaa lämpötilaa tai paksumman kerroksen kiteytyäkseen. Jos haluan mattapinnan, joudun luultavasti käyttämään muuta lasitetta, sillä tarkoituksenani on käyttää useita eri lasitteita samassa esineessä, ja lämpötilojen pitää tällöin sopia yhteen.

Toiseen koe-erään ruiskutin liian paksun kerroksen, joten natriumkarbonaatin vaikutukset eivät juurikaan näkyneet alta. Lisäksi pienemmällä, 1,5 baarin paineella tehty suihkutuspaine sai aikaan liiankin pehmeät rajat, eikä lasitteen leviämisen suunta (lentotuhkamaisuus) oikein näkynyt. Kolmannen koe-erän lasitteen ruiskutin 3 baarin paineella ja huomattavasti ohuemmin. Vaikka pyrin saamaan ensimmäistä koe-erää vastaavat lasitekerrokset, lopputuloksena oli kuitenkin

liian ohut kerros, eikä lasitetta näkynyt juuri lainkaan. Oikean paksuisen lasitekerroksen ruiskuttaminen vaatii siis paljon harjaannusta.

Tuhkaliuoksella lasitetut koelaatat olivat varsin luonnollisen näköisiä. Tuhka muodosti paksumpana kerroksena vaaleampia alueita, mikä osaltaan toi pintaan elävyyttä. Tuhkan koostumus voi kuitenkin vaihdella paljon tuhkan alkuperästä riippuen ja näin ollen vaikuttaa voimakkaasti myös siitä muodostuvan lasitteen ulkomuotoon (Misra ym. 1993, Troy 1995, Pettersen 1984). Lisäksi em. kerroksen paksuuden vaikutus tuhkalasitteeseen tuo epävarmuutta sen käyttöön. Näin ollen käyttäisin mieluummin toiminnaltaan suhteellisen varmoja rautaoksidilla värjättyjä lasitteita lentotuhkaefektien tuottamiseksi – etenkin, kun lasitteen ruiskuttaminen luonnollisen näköiseksi vaatii kokemusta.

4.2 Liekinjälkiefektien arviointi

Koelaattojen yläpinnoille sivellyn natriumkarbonaatin hyvin voimakkaat reaktiot rautapitoisimmalla valumassalla sekä puupolttomassalla olivat varsin ilahduttavia. Vaikka toisen koe-erän sumutuspullolla pehmeäreunaisiksi suihkutetut jäljet jäivät liian paksun lasitekerroksen alle näkymättömiin, olin erittäin tyytyväinen kolmannen koe-erän laattoihin. Kuvan 11 toisen laatan yläosassa on mielestäni todella paljon lieskanjälkeä muistuttava pehmeäreunainen alue. Toisaalta koko pinnan voisi sumuttaa natriumkarbonaattiliuoksella punaruskean sävyiseksi, kuten kuvan 11 ensimmäisessä laatassa, ja lisäksi ruiskuttaa sopiva kerros lentotuhkaa imitoivaa lasitetta. Tällöin voitaisiin saada aikaiseksi kuvan 1 kaltaisia esineitä.

Koelaattojen alapinnoille sivellyn natriumkarbonaatin imeytyminen massan läpi ei toiminut lainkaan, joten eroja teipillä päällystetyn ja paljaan pinnan välillä ei ollut nähtävissä. Huomasin vasta myöhemmin, että Troyn (1995, 115) mukaan soodapitoisilla lasitteilla lasitettuja esineitä saatetaan säilyttää natriumin imeytymisen edistämiseksi jopa päiviä tai viikkoja ennen polttoa.

4.3 Celadon-imitaatioiden arviointi

Celadon-lasitteiden sävyä matkiva kupari-rautaoksidilasite toimi parhaiten valkealla posliini-valumassalla. Pelkistyspoltossa, jolla aidot celadon-sävyt saadaan aikaiseksi, myös massa pelkistyy usein sinertävänharmaaksi. Tämä korostaa celadonin sävyä. Ajattelin, että myös 0,5 % rautaoksidia sisältävä, himmeän harmahtavaksi sintraantuva posliinivalumassa voisi toimia kupari-rautaoksidilasitteen kanssa. Värisävy oli kuitenkin hieman kellertävän harmaa, mikä suorastaan korosti sävyn kellertävää ”epäaitoutta”. Pelkkä kuparioksidilasite jo sellaisenaan muistuttaa mielestäni celadonia. Parhaat tulokset voisi saada suhteellisen paksulla ja tasaisella kerroksella suhteellisen laimeaa (0,3 % CuO) lasitetta, sillä monesti celadon-lasitteissa on vain haalea värisävy. Mikäli värisävyä halutaan viedä vihertävämpään suuntaan, rautaoksidia pitää lisätä hyvin pieniä määriä (alle 0,25 %), tai värisävy tulee hyvin nopeasti tunkkaiseksi. Minua harmittivat myös raudasta tulleet pienet pisteet lasitteessa. Ongelman voisi varmaankin välttää joko jauhamalla rautaoksidin hienommaksi kuulumyllyllä tai siivilöimällä lasite hienojakoisemmalla siivilällä. Toisaalta särölasitteen (kraklee) käyttäminen em. kuparimäärillä ja halkeamien vär-

jääminen esim. teellä voisi lisätä celadon-
maisuuutta.

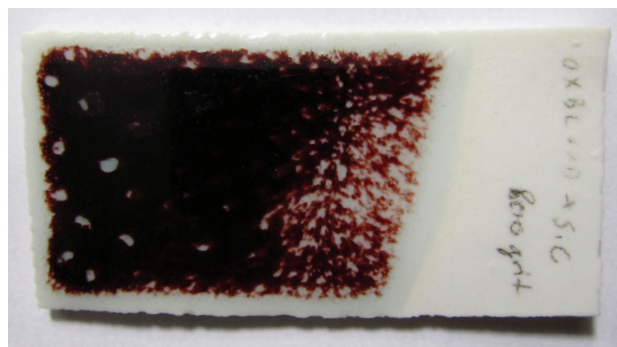
Olisi kiinnostavaa kokeilla, saisiko ba-
riumoksidilla kirkastettua celadonin sävyä
niin, että raudan tuoma tunkkaisuus väheni-
si. Sinertävää sävyä voisi ehkä lisätä hyvin
pienillä määrillä (alle 0,05 %) kobolttikarbo-
naattia (CoCH_3), joka on hyvin voimakas
väriaine (Britt 2007, 108). Kobolttikarbo-
naatti leviää lasitteeseen tasaisemmin kuin
kobolttioksidi (CoO) ja on helpompi annos-
tella hieman hillitymmän värjäävyytensä
takia. Voi kuitenkin olla, että myös koboltti
toisi sävyyn lähinnä tunkkaisuutta.

4.4 Jatkotutkimukset

Tietoja etsiessäni tutustuin useisiin artikke-
leihin (mm. Turner 2012), jotka käsittelivät
kemiallisesti pelkistävän piikarbidin (SiC)
käyttöä lasitteissa, erityisesti häränveri-
lasitteissa. Tein pienen häränveri-kokeilun
800 meshin piikarbidilla Turnerin (2012) oh-
jetta soveltamalla, mikä onnistui yli odotus-
ten (kuva 12). Lasite muodosti paksuna ker-
roksena voimakasta häränveren sävyä, ja
siitä voisi ehkä saada hieman kirkkaamman
punaista vähentämällä kuparin määrää. Pii-
karbidin käyttöä olisi kiinnostavaa kokeilla
monissa eri pelkistyspoltoa vaativissa lasit-
teissa, mukaanlukien aidot celadon-lasitteet.

4.5 Yhteenveto

Tutkimukseni perusteella voin siis todeta,
että ”puu-uunitunnelman” luomisessa la-
sitteen ruiskutustekniikka on tärkeämpää
kuin itse lasitteen ominaisuudet, erityisesti
kerrosten riittävä ohuus sekä ruiskutuksen
suunta ja paine. Pehmeäreunaiset lieskan-
jälkiefektit on puolestaan helppoa tehdä
sumuttamalla natriumkarbonaattiliuoksella.
Lisäksi massan rakenne – lähinnä suuri
samottipitoisuus – on tärkeää oikeanlaisen
pintarakenteen aikaansaamiseksi.



Kuva 12. Piikarbidilla pelkistetty häränverilasi-
te Turnerin (2012) 200 g reseptillä (osa raaka-
aineista korvattu vastaavilla): kalimaasälpä
(FFF K7) 100 – kvartsi 40 – liitu 40 – kaoliini
(Super Standard Porcelain) 3,2 – MgCH_3 5,6
– BaCH_3 5,6 – ZnO 5 – SnO 2 – fritti P2961 10
– SiC (800 mesh) 1 – CuCH_3 1 – bentoniitti 4.
Poltto: 100 °C/h 600 °C:een, jonka jälkeen
FULL 1240 °C:een ja 2 h haudutus. Koelaatta
on valkeaa perus-valumassaa (ks. taulukko 1).

5 LÄHDELUETTELO

Brierley, B. 2010 [online]: *Diverse at-
mospheres*. [viitattu 31.3.2015]. saatavilla
www-muodossa: <URL: [http://www.ben-
brierley-woodfired-ceramics.co.uk/Diver-
se%20atmospheres.htm#flyash](http://www.ben-brierley-woodfired-ceramics.co.uk/Diverse%20atmospheres.htm#flyash)>.

Britt, J. 2007: *The Complete Guide to High-
Fire Glazes: Glazing & Firing at Cone 10*.
Lark Crafts. Kiina. 184 s.

Currie, I. 2008a [online]: *Principles - Va-
rying Fluxes 1: Limestone (Calcium) Gla-*

- zes. [viitattu 14.3.2015]. saatavilla [www-muodossa: <URL:http://www.glazes.org/understanding-glazes/some-glaze-principles/principles-varying-fluxes.html>](http://www.glazes.org/understanding-glazes/some-glaze-principles/principles-varying-fluxes.html).
- Currie, I. 2008b** [online]: *The Grid Method*. [viitattu 1.4.2015]. saatavilla [www-muodossa: <URL: http://www.glazes.org/understanding-glazes/the-grid-method.html >](http://www.glazes.org/understanding-glazes/the-grid-method.html).
- Jylhä-Vuorio, H. 2003:** *Keramiikan materiaalit* (2. painos). – Painotyö Kirjakas ky. Suomi. 302 s.
- Misra, M. K., Ragland, K. W. & Baker, A. J. 1993:** Wood Ash Composition as a Function of Furnace Temperature. – *Bio-mass and Bioenergy* Vol. 4, No. 2, ss. 103–116.
- Pettersen, R. C. 1984:** The Chemical Composition of Wood. ss. 57–126. teoksessa Rowell, R. (toim.) 1984: *The Chemistry of Solid Wood*. Vol. 297. American Chemical Society. DOI: 10.1021/ba-1984-0207.
- Troy, J. 1995:** *Wood-Fired Stoneware and Porcelain*. Chilton Book Company. Pennsylvania. 179 s.
- Turner, T. 2012:** Chemically Reduced Copper Reds In Oxidation (Tom Turner shares his years of experience) *Ceramics-TECHNICAL* No. 35 2012. ss.14–21.